





SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP11220224
 Publication date: 1999-08-10
 Inventor: FUKUNAGA TOSHIAKI; WADA MITSUGI
 Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD
 Classification:
 - international: H01S3/18
 - european:
 Application number: JP19980317644 19981109
 Priority number(s):

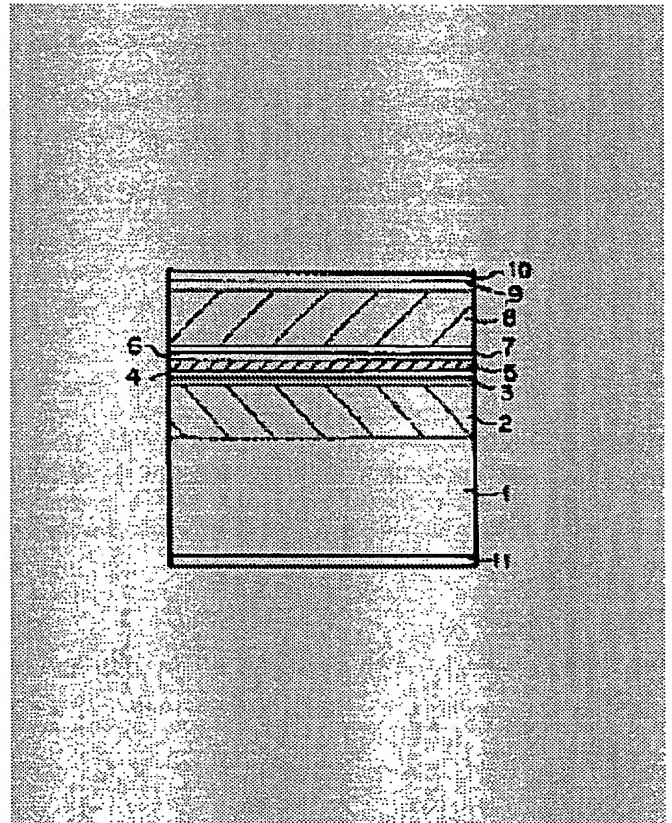
Also published as:

 EP0920096 (A2)
 US6127691 (A1)
 EP0920096 (A3)
 EP0920096 (B1)

Abstract of JP11220224

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reliability of a semiconductor laser of a wavelength of a 0.8- μ m band in high-output oscillation.

SOLUTION: An n-type Ga_{1-z}1 Al_z1 As clad layer 2, an n-type In_x1 Ga_{1-x}1 As_{1-y}1 Py₁ optical waveguide layer 3, an i-type In_x2 Ga_{1-x}2 As_{1-y}2 Py₂ tensile strain barrier layer 4, an In_x3 Ga_{1-x}3 As_{1-y}3 Py₃ quantum well active layer 5, an i-type In_x2 Ga_{1-x}2 As_{1-y}2 Py₂ tensile strain barrier layer 6, a p-type In_x1 Ga_{1-x}1 As_{1-y}1 Py₁ optical waveguide layer 7, a p-type Ga_{1-z}1 Al_z1 As clad layer 8 and a p-type GaAs contact layer 9 are successively formed on an n-type GaAs substrate 1. The layers 2 and 8 and the layers 3 and 7 are respectively formed in a compositional ratio which makes a lattice matching with the substrate 1, the total layer thickness of the layers 4 and 6 is formed into a thickness of 10 to 30 nm, and the compositions of the layers 4 and 6 are set on the conditions that the amount of strain of the tensile strains for the layers 4 and 6 be the amount of strain multiplied by the total layer thickness is equal to 0.05 to 0.2 nm.



THIS PAGE BLANK (USP 10)

(19)日本特許庁(JP)

(11)特許公開番号

特開平11-220224

(43)公開日 平成11年(1999)8月10日

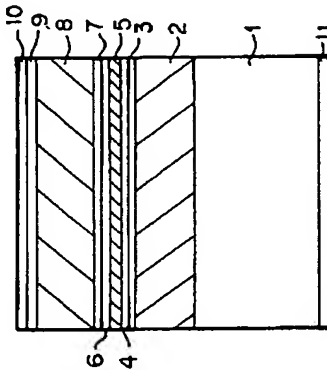
(51)IntCl. ⁴	H01S 3/18	677	FI	H01S 3/18	677
審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全16頁)					

(21)出願番号	特願平10-317844	(71)出願人	000005201 富士写真フイルム株式会社 神奈川県横浜市神奈川区210番地
(22)出願日	平成10年(1998)11月9日	(72)発明者	福永 敏明 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平9-323176	(72)発明者	和田 賢 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
(32)優先日	平9(1997)11月25日	(74)代理人	弁理士 柳田 征史 (特1名)
(33)優先権主張国	日本(JP)		

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 0.8μm帯の半導体レーザにおいて、高出力発振下における信頼性を向上させる。
【解決手段】 n-GaAs基板1上に、n-Ga_{1-x}Al_xIn₂Asクラッド層2、n-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層3、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2引張り歪バリア層4、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層5、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2引張り歪バリア層6、p-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y光導波層7、p-Ga_{1-x}Al_xIn₂Asクラッド層8、p-GaAsコンタクト層9を順次形成する。そして各クラッド層2、8および各光導波層3、7はそれぞれGaAs基板1に格子整合する組成比とし、引張り歪バリア層4、6の合計層厚は10〜30nmとし、また引張り歪バリア層4、6の組成は、引張り歪の歪量が、歪量×合計層厚=0.05〜0.2nmとなるものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaAs基板の上に、pおよびn型の一方向の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2第一バリア層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2第二バリア層、第二光導波層、p型およびn型他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリア層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10〜30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05〜0.2nmを満たす組成からなり、

前記In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 GaAs基板の上に、p型およびn型の一方向の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2第二バリア層、In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2量子井戸活性層、第二光導波層、p型およびn型他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、

前記第一および第二バリア層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10〜30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05〜0.2nmを満たす組成からなり、

前記In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y2量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】
【0001】
【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザ装置に関し、詳しくは半導体レーザ装置を構成する半導体層の組成に関するものである。

【0002】
【従来の技術】 従来、0.7〜0.85μm帯の半導体レーザとしては、n-GaAs基板に、n-AlGaAsクラッド層、nまたはi-AlGaAs光導波層、i-AlGaAs活性層、pまたはi-AlGaAs光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層を積層してなる半導体レーザが一般的である。しかし、この構造では活性層にAlを含み、Alは化学的に活性で酸化さ

れやすいため、露出して形成した半導体端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。

【0003】 そこで、オールAlフリーとなる875nm帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 6, No. 4 (1994) p. 465 に示されるようにn-GaAs基板の上に、n-InGaP クラッド層、アンドロップInGaAsP 光導波層、GaAs量子井戸活性層、アンドロップInGaAsP 光導波層、p-InGaP クラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、このAlフリーの半導体レーザは量子特性の温度依存性が大きく、最高の光出力は4.2 Wと高いが、光出力1 W以上で壊れ電流の発生により発光効率が悪くなるという欠点を有しており、0.8 μm近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上向かないものである。

【0004】 一方、活性層がAlフリーとなる0.8 μm帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175-L1177 に示されているようなn-GaAs基板にn-AlGaAsクラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsキャップ層からなる半導体レーザが報告されている。しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより量子特性の温度特性が大きという欠点を持つており、高出力発振時の駆動電流が増大し、発熱に伴う量子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

【0005】 また、IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 3, No. 2 (1997) p. 180 に、活性層として、基板に対して圧縮歪を有する組成比のGaInP半導体を用い、該活性層の圧縮歪をキャノンセルの以上の引張り歪を有するAlGaInP 層をサイドバリア層として備えて、レーザ素子の出力端面近傍で結晶構造緩和を生ぜしめ、端面におけるバンドギャップを大きくすることにより、レーザ発振時の光の吸収を小さくして端面での光吸収による素子の劣化を低減し、信頼性を向上した半導体レーザが提案されている。しかしながら、InGaAsP 系の活性層により800nm 帯の半導体レーザを構成しようとする場合、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 21 (1982) p. L323 に示すようにInGaAsP 系の組成比とバンドギャップとの関係において相分層を起こす組成領域が、圧縮歪を有する組成比と重なるために、InGaAsP 系の半導体層であり、上記文獻に示されるような信頼性の高い半導体レーザを800nm 系半導体レーザにおいて実現することは困難である。

【0006】
【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い0.8 μm帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。
【0007】
【課題を解決するための手段】 本発明による1つの半導

(5)

8

半導体レーザについて説明したが、コンタクト層109上
にストライプ状の電流注入部を有する絶縁膜を形成した
利得増強型ストライプレーザとしてもよい。さらに、本
実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のフォ
トリソグラフィやドライエッチングを用いて作製され
る、屈折率導波機構付き半導体レーザ、回折格子付きの
半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用すること
もできる。

【0038】また、上記実施形態では、GaAs基板はn
型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板
を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての
導電性を反対にすればよい。

【0039】次に本発明の第5の実施形態に係る半導体
レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図
7に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法
と併せて説明する。

【0040】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板121
上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層122、nまたはi-In_x1
Ga_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波層123、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2 至
バリア層124、In_x3Ga_{1-x}3As_{1-y}3P_y3 量子井戸活性層12
5、i-In_x2Ga_{1-x}2P_y2引張り至バリア層126、pまたはi-In
x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層127、p-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラ
ッド層128、p-GaAsコンタクト層129を順次積層し、さら
にこのコンタクト層129上にSiO₂等の絶縁膜130を形成す
る(図7(a))。

【0041】この後、通常のリソグラフィにより、絶
縁膜130の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を
残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の
絶縁膜130を除去する。そして、この残されたストライ
プ状の絶縁膜130をマスクとしてウェットエッチングに
より、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層127の
上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプ
を形成する。

【0042】このとき、エッチング液として硫酸と過酸
化水素水系のものを用いてp-GaAsコンタクト層129をエ
ッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga
0.52Pクラッド層128を除去すれば、エッチングがp また
はi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層127の上面で自動的
に停止する。なおp またはi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導
波層127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の
出力領域まで達成できるような厚みとする。

【0043】次に絶縁膜130を除去後、リッジ部および
露出している光導波層127の全面に絶縁膜131を形成する
(図7(b))。次いで、通常のリソグラフィにより、リ
ッジストライプ部上面の絶縁膜131を除去し、露
出したコンタクト層129を覆うようにしてp側電極132を
形成し、その後、基板121の研削を行なってからn側電
極133を形成する(図7(c))。

【0044】次に、試料を劈開して形成した共振器面

(6)

9

一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コート
を施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ
素子が完成する。

【0045】上記構造により、単一横モードを保持したま
ま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生
させることができる。

【0046】以上は狭ストライプの単一横モードレーザ
について述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモ
ードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50〜
400nmの間に設定すればよい。また引張り至バリア層
は、4元のIn_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2 から形成してもよい。
【0047】次に、本発明の第6の実施形態に係る半導
体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に
図8に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方
法と併せて説明する。

【0048】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板141
上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層142、nまたはi-In_x1
Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層143、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2
引張り至バリア層144、In_x3Ga_{1-x}3As_{1-y}3P_y3 量子井戸
活性層145、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2 引張り至バリア層1
46、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層147、p-I
n_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層148、p-GaAsキャップ層149を順
次積層し、さらにこのキャップ層149上にSiO₂等の絶縁
膜150を形成する(図8(a))。

【0049】この後、通常のリソグラフィにより、絶
縁膜150の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を
残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の
絶縁膜150を除去する。そして、この残されたストライ
プ状の絶縁膜150をマスクとしてウェットエッチングに
より、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層147の
上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプ
を形成する。

【0050】このとき、エッチング液として硫酸と過酸
化水素水系のものを用いてp-GaAsキャップ層149をエ
ッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga
0.52Pクラッド層148を除去すれば、エッチングがp また
はi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層147の上面で自動的
に停止する。

【0051】その後、選択成長により、クラッド層148
より屈折率の小さい、厚みが1 μm程度の、基板141に
格子整合するn-In_{0.48}(Al₂Ga_{1-z})1 0.52P電流阻止層1
51を形成する(図7(b))。

【0052】なおn-In_{0.48}(Al₂Ga_{1-z})1 0.52P電流阻
止層151の組成と、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光
導波層127の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅
の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が
高出力領域まで達成できるような組成、厚みとする。

【0053】次に絶縁膜150を除去して、p-GaAsコン
タクト層152を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層152
の上にp側電極153を形成し、その後、基板141の研削を

50

10

行なってからn側電極154を形成する(図7(c))。
【0054】次に、試料を劈開して形成した共振器面
一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コート
を施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ
素子が完成する。

【0055】上記構造によりこの場合も、単一横モード
を保持したまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレー
ザ光を発生させることができる。

【0056】以上は狭ストライプの単一横モードレーザ
について述べたが、上記構造は幅広ストライプマルチモ
ードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50〜
400nmの間に設定すればよい。また引張り至バリア層
は、3元のIn_x2Ga_{1-x}2P から形成してもよい。
【0057】次に、本発明の第7の実施形態に係る半導
体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に
図9に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方
法と併せて説明する。

【0058】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板161
上に、n-In_{0.48}Ga_{0.52}Pクラッド層162、nまたはi-In_x1
Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層163、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2
引張り至バリア層164、In_x3Ga_{1-x}3As_{1-y}3P_y3 量子井戸
活性層165、i-In_x2Ga_{1-x}2As_{1-y}2P_y2 引張り至バリア層1
66、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光導波層167、p-I
n_{0.48}Ga_{0.52}P上部第1クラッド層168、p-In_{0.4}Ga_{1-x}4As
1-y4P_y4 エッチング阻止層(厚み10nm程度)169、p-I
n_{0.48}Ga_{0.52}P上部第2クラッド層170、p-GaAsコンタクト
層171を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層1
71の上にSiO₂等の絶縁膜172を形成する(図9(a))。

なおp-In_{0.4}Ga_{1-x}4As_{1-y}4P_y4 エッチング阻止層169は、
基板161に格子整合し、かつ量子井戸活性層165よりもバ
ンドギャップが大きく組成とする。

【0059】この後、通常のリソグラフィにより、絶
縁膜172の中央部に幅3μm程度のストライプ状部分を
残して、その両サイドの幅6μm程度のストライプ状の
絶縁膜172を除去する。そして、この残されたストライ
プ状の絶縁膜172をマスクとしてウェットエッチングに
より、p-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 エッチング阻止層169の
上面までエピタキシャル層を除去してリッジストライプ
を形成する。

【0060】このとき、エッチング液として硫酸と過酸
化水素水系のものを用いてp-GaAsコンタクト層171をエ
ッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}Ga
0.52P上部第2クラッド層170を除去すれば、エッチング
がp-In_x4Ga_{1-x}4As_{1-y}4P_y4 エッチング阻止層169の上面
で自動的に停止する。

【0061】なお、pまたはi-In_x1Ga_{1-x}1As_{1-y}1P_y1 光
導波層167およびp-In_{0.48}Ga_{0.52}P上部第1クラッド層1
68の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路
において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領
域まで達成できるような厚みとする。

(7)

11

【00662】次に絶縁膜172を除去してから絶縁膜173を形成し(同図(b))、その後通常のリソグラフィによりリジストマスク上の絶縁膜173を除去して、その上にp側電極274を形成し、その後、基板16の研削を行なってからn側電極175を形成する(同図(c))。

【00663】次に、材料を劈開して形成した共振面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【00664】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【00665】以上は共振ストライアの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライアアルチモードにも適用できる。その場合、光導波路と上部第一ラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリ層は、3元のIn₂Ga_{1-x}2Pから形成してもよい。

【00666】図10は、本発明の第8の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【00667】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板201上に、n-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層202、nまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路203、i-In_{0.26}A1-x2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層204、In_{0.3}Ga_{1-x}3As_{1-y}3P₃量子井戸活性層205、i-In_{0.26}Ga_{1-x}2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層206、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路207、p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層208、p-GaAsコンタクト層209を順次積層する。

【00668】次にp-GaAsコンタクト層209の上にp側電極210を形成し、その後、基板201の研削を行なってからn側電極211を形成する。次に、材料を劈開して形成した共振面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【00669】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【00701】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の半導体レーザについて説明したが、上記の構成に絶縁膜ストライアを形成して利得増強型ストライアレーザとしてもよい。さらに、本実施形態の半導体レーザの半導体層構成を、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率増強増倍付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【00711】また、上記実施形態では、GaAs基板はn型の導電性のもを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

12

【00722】さらに、活性層は多量量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪と活性層の合計の厚み(合計層厚)との積は、0.1nm以内とする。また、引張り歪バリ層は、3元のIn_{0.26}Ga_{1-x}2P₂引張り歪バリ層であってよい。

【00731】次に本発明の第9の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図11に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【00741】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板221上に、n-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層222、nまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路223、i-In_{0.26}A1-x2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層224、In_{0.3}Ga_{1-x}3As_{1-y}3P₃量子井戸活性層225、i-In_{0.26}Ga_{1-x}2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層226、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路227、p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層228、p-GaAsコンタクト層229を順次積層し、さらにこのコンタクト層229上にSiO₂等の絶縁膜230を形成する(図11(a))。

【00751】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜230の中央部に幅3 μ m程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライア状の絶縁膜230を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜230をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路227の上面までエッチング層を除去してリジストストライアを形成する。

【00761】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層229をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層228を除去すれば、エッチング層またはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路227の上面で自動的に停止する。なおまたはi-In_{0.48}A1-x1As_{1-y}1P₁光導波路127の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【00771】次に絶縁膜230を除去後、リソジ膜および露出している光導波路227の全面に絶縁膜231を形成する(同図(b))。次いで、通常のリソグラフィにより、リソジストライア面上の絶縁膜231を除去し、露出したコンタクト層229を覆うようにしてp側電極232を形成し、その後、基板221の研削を行なってからn側電極233を形成する(同図(c))。

【00781】次に、材料を劈開して形成した共振面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【00791】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

13

【00801】以上は共振ストライアの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライアアルチモードにも適用できる。その場合、光導波路の厚みは50~400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリ層は、4元のIn_{0.26}Ga_{1-x}2As_{1-y}2P₂から形成してもよい。

【00811】次に、本発明の第10の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図12に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【00821】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板241上に、n-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層242、nまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路243、i-In_{0.26}A1-x2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層244、In_{0.3}Ga_{1-x}3As_{1-y}3P₃量子井戸活性層245、i-In_{0.26}Ga_{1-x}2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層246、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路247、p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層248、p-GaAsコンタクト層249を順次積層し、さらにこのキヤップ層249上にSiO₂等の絶縁膜250を形成する(図12(a))。

【00831】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜250の中央部に幅3 μ m程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライア状の絶縁膜250を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜250をマスクとしてウェットエッチングにより、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路247の上面までエッチング層を除去してリジストストライアを形成する。

【00841】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層249をエッチングし、また増強系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層248を除去すれば、エッチング層またはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路247の上面で自動的に停止する。

【00851】その後、選択成長により、クラッド層248より屈折率の小さい、厚みが1 μ m程度の、基板241に格子整合するn-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52P電阻阻止層251を形成する(同図(b))。

【00861】なおn-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52P電阻阻止層251の組成と、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路222の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような組成、厚みとする。

【00871】次に絶縁膜250を除去して、p-GaAsコンタクト層252を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層252の上にp側電極253を形成し、その後、基板241の研削を行なってからn側電極254を形成する(同図(c))。

【00881】次に、材料を劈開して形成した共振面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

(8)

14

【00891】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【00901】以上は共振ストライアの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広ストライアアルチモードにも適用できる。その場合、光導波路の厚みは50~400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリ層は、3元のIn_{0.26}Ga_{1-x}2P₂から形成してもよい。

【00911】次に、本発明の第11の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図13に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【00921】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板261上に、n-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52Pラッド層262、nまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路263、i-In_{0.26}A1-x2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層264、In_{0.3}Ga_{1-x}3As_{1-y}3P₃量子井戸活性層265、i-In_{0.26}Ga_{1-x}2As_{1-y}2P₂引張り歪バリ層266、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路267、p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52P上部第一ラッド層268、p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁エッチング阻止層(厚み10nm程度) 269、p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52P上部第二ラッド層270、p-GaAsコンタクト層271を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層271の上にSiO₂等の絶縁膜272を形成する(図13(a))。なおp-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁エッチング阻止層269は、基板261に格子整合し、かつ量子井戸活性層265よりもバンドギャップが大きい組成とする。

【00931】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜272の中央部に幅3 μ m程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μ m程度のストライア状の絶縁膜272を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜272をマスクとしてウェットエッチングにより、p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁エッチング阻止層269の上面までエッチング層を除去してリジストストライアを形成する。

【00941】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層271をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52P上部第二ラッド層270を除去すれば、エッチング層p-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁エッチング阻止層269の上面で自動的に停止する。

【00951】なお、pまたはi-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})_{1.5}1-yP₁光導波路267およびp-In_{0.48}(Al_{0.52}Ga_{1-x})₂ 0.52P上部第一ラッド層268の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【00961】次に絶縁膜272を除去してから絶縁膜273を形成し(同図(b))、その後通常のリソグラフィによりリジストマスク上の絶縁膜273を除去して、その上にp側電極274を形成し、その後、基板261の研削を行

50

50

(9)

15

なつてからn側電極75を形成する(図面(c))。
[0097]次に、試料を劈開して形成した共振層の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コーティングを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

[0098]上記構造によりこの場合も、単一横モード光を発生させることができる。

[0099]以上は狭ストライプの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は縦広ストライプマルチモードにも適用できる。その場合、光導波路と上部第一クラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリ層は、3元のIn_{0.2}Ga_{0.8}Pか形成してもよい。また、この実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

[0100]さらに、以上説明した実施の形態では特に量子井戸が単一で、光導波路組成が一定のSQW-SCHと呼ばれる構造を示したが、SQWの代わりに量子井戸を複数とするMQWとしてもよい。

[0101]また、前記In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y活性層の組成比を制御することにより、発光波長は、750nm<λ<850nmの範囲で制御が可能である。

[0102]また、半導体層の成長法としては上述の有機金属気相成長法(他、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい)。

[0103]なお、本発明の半導体レーザは高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷等の分野での光源としても応用可能である。

(図面の簡単な説明)

[図1] 本発明の第1実施形態による半導体レーザを示す断面図

[図2] 上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との最高光出力を示すグラフ

[図3] 上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との閾値電流の温度依存性を示すグラフ

[図4] 本発明の第2実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図5] 本発明の第3実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図6] 本発明の第4実施形態による半導体レーザを示す断面図

[図7] 本発明の第5実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図8] 本発明の第6実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図9] 本発明の第7実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図10] 本発明の第8実施形態による半導体レーザ、

(9)

16

およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図11] 本発明の第9実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図12] 本発明の第10実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

[図13] 本発明の第11実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

(符号の説明)

1 n-GaAs基板

2 n-Ga_{1-z}Al_zAsクラッド層

3 n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y光導波路

4 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

5 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

6 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

7 p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

8 p-Ga_{1-z}Al_zAs クラッド層

9 p-GaAsコンタクト層

10 p側電極

11 n側電極

20 n-GaAs基板

21 n-Ga_{1-z}Al_zAsクラッド層

22 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

23 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

24 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

25 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

26 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

27 i-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

28 p-Ga_{1-z}Al_zAs上部第一クラッド層

29 p-In_xGa_{1-x}z₄P エッチング阻止層

30 p-Ga_{1-z}Al_zAs上部第二クラッド層

31 p-GaAsコンタクト層

34 p側電極

35 n側電極

41 n-GaAs基板

42 n-Ga_{1-z}Al_zAsクラッド層

43 n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

44 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

45 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

46 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

47 p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

48 p-In_xGa_{1-x}z₄Al_z1-x₄As_{0.2}P_{0.8}上部第一クラッド層

49 p-In_{0.3}Ga_{0.7}z₅Al_z5)1-x₅P上部第二クラッド層

50 p-GaAsコンタクト層

54 p側電極

55 n側電極

101 n-GaAs基板

102 n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

103 n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

104 i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

105 In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

(10)

17

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 エッチング阻止層

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 エッチング阻止層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

18

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 エッチング阻止層

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 エッチング阻止層

p-GaAsコンタクト層

p側電極

n側電極

n-GaAs基板

n-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

n またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

In_{0.3}Ga_{0.7}x₃As_{1-y}P_y3 量子井戸活性層

i-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p またはi-In_xGa_{1-x}As_{1-y}P_y1 光導波路

p-In_{0.2}Ga_{0.8}x₂As_{1-y}P_y2 引張り歪バリ層

p-GaAsコンタクト層

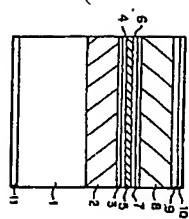
p側電極

n側電極

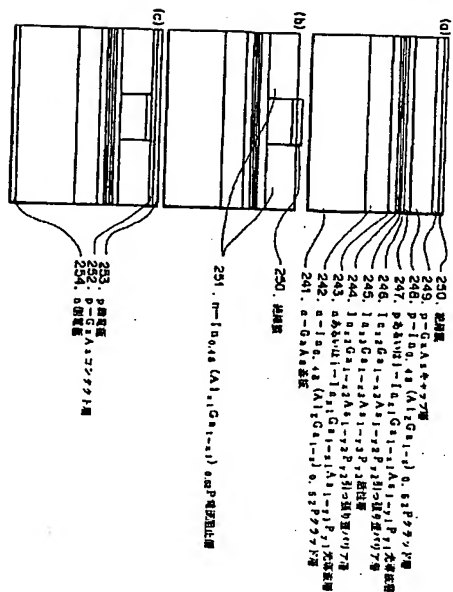
n-GaAs基板

(11)

【図1】

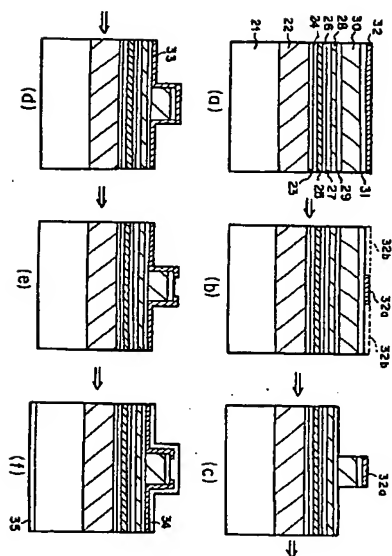


【図2】

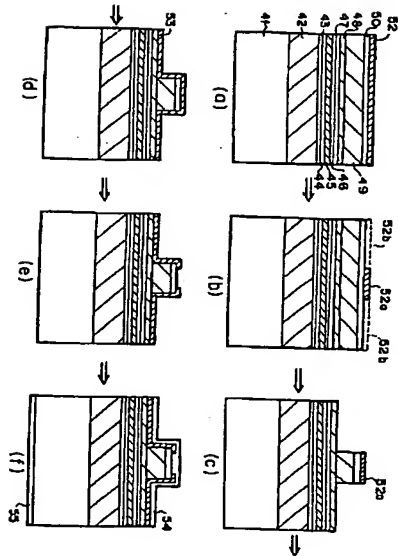


(12)

【図4】

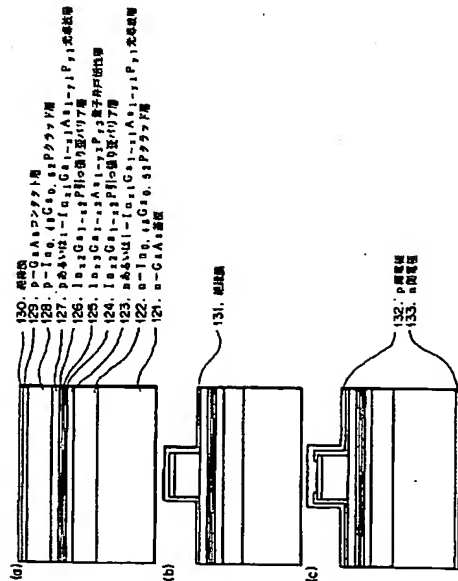


【図5】



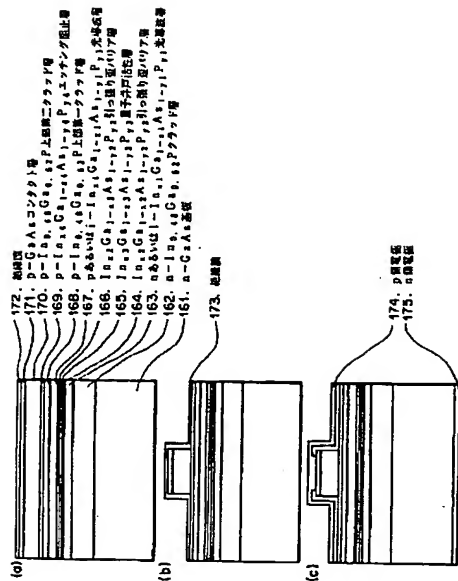
(13)

【図7】

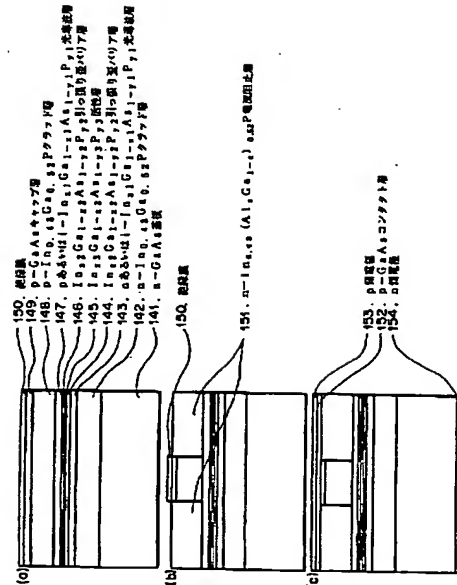


(14)

【図9】



【図8】

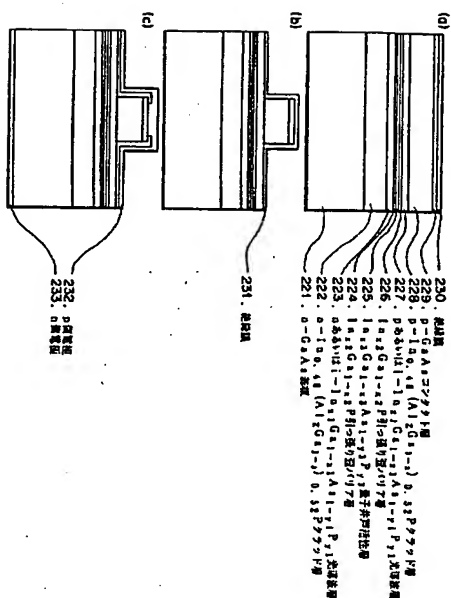


【図10】



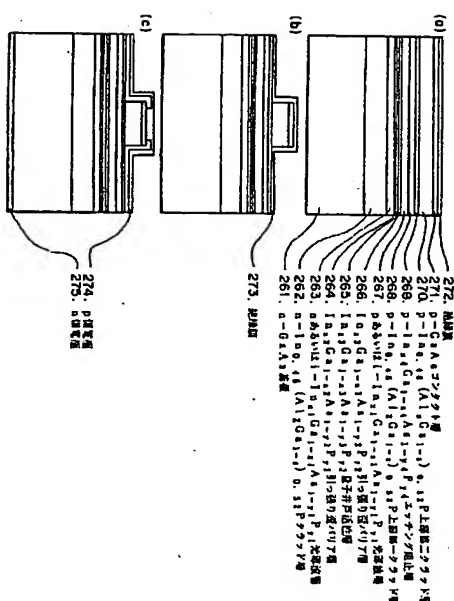
(15)

【図11】

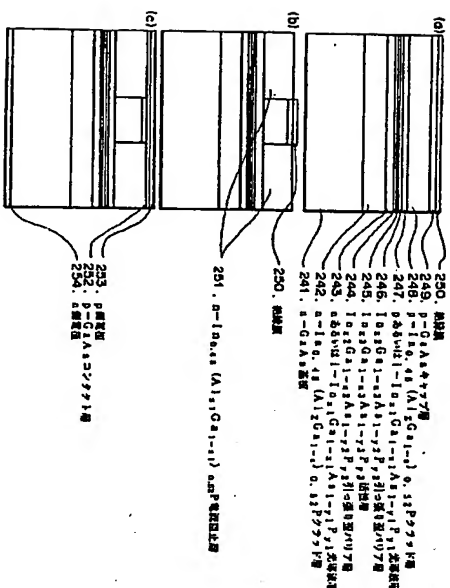


(16)

【図13】



【図12】



【手続補正書】

【提出日】平成10年11月16日

【手続補正1】

【補正対象事項名】明細書

【補正対象項目名】請求項1

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項1】 GaAs基板上に、pおよびn型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-x}\text{As}_x$ 量子井戸活性層、 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-x}\text{As}_x$ 量子井戸活性層、 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-x}\text{As}_x$ 量子井戸活性層、第二光導波層、p型およびn型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二光導波層が前記GaAs基板に格子整合する組成からなり、
前記第一および第二クラッド層が、前記GaAs基板に対して引張り歪を有する、合計層厚10～30nmの層であって、その引張り歪の歪量×合計層厚＝0.05～0.2nmを満たす組成からなり、
前記 $\text{In}_2\text{Ga}_{1-x}\text{As}_x$ 量子井戸活性層が、前記GaAs基板に格子整合する組成、もしくは、前記GaAs基板に対して0.003までの引張り歪を有する組成からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。